



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 22 957 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 60 T 8/34**  
B 60 T 8/32

②① Aktenzeichen: 100 22 957.3  
②② Anmeldetag: 11. 5. 2000  
④③ Offenlegungstag: 15. 11. 2001

DE 100 22 957 A 1

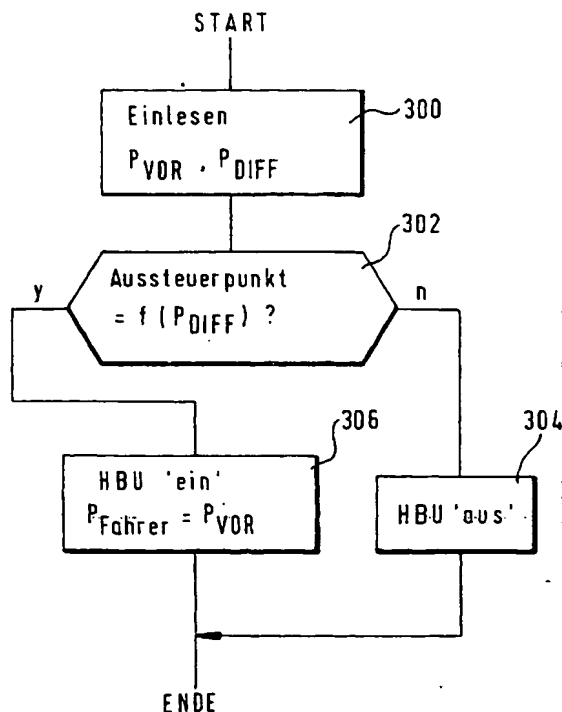
⑦① Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:  
Rader, Thomas, 72764 Reutlingen, DE; Haeussler,  
Alexander, 69117 Heidelberg, DE; Wiss, Helmut,  
71696 Möglingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung wenigstens einer Radbremse eines Fahrzeugs

⑤⑦ Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung wenigstens einer Radbremse eines Fahrzeugs vorgeschlagen. Dabei wird in wenigstens einem Betriebszustand der Bremsdruck an der Radbremse abhängig von einem elektrischen Fahrerwunschwert gesteuert, während außerhalb dieses Betriebszustandes der Bremsdruck abhängig von der Betätigungskraft des Bremspedals durch den Fahrer verstärkt mittels eines Bremskraftverstärkers ist. Zur Ermittlung des wenigstens einen Betriebszustandes wird der Differenzdruck zwischen Vakuum- und Arbeitskammer des Bremskraftverstärkers erfasst und ausgewertet.



DE 100 22 957 A 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung wenigstens einer Radbremse eines Fahrzeugs.

[0002] Aus der DE 195 01 760 A1 (US-Patent 5,727,852) ist ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung beschrieben, welche es ermöglicht, den Vakuumbremskraftverstärker der Bremsanlage, der die Bremskraft des Fahrers verstärkt, ganz oder teilweise durch eine auf hydraulischem Wege erzeugte Bremskraftverstärkung zu ersetzen. Dabei wird die hydraulische Bremskraftverstärkung durch gezielte Ansteuerung wenigstens einer den Bremsdruck in der wenigstens einen Radbremse beeinflussenden Ventilanordnung sowie wenigstens einer, den Druckaufbau bewerkstelligenden Pumpe erreicht. Problematisch ist dabei der Übergang zwischen der pneumatischen und der hydraulischen Bremskraftverstärkung.

[0003] Zu dessen Verbesserung wird in der nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung 199 25 783.3 vom 05. 06. 1999 vorgeschlagen, auf der Basis der Pedalbetätigung durch den Fahrer und eines den Druck in der Vakuumkammer des Bremskraftverstärkers repräsentierenden Größe den Übergabepunkt von der pneumatischen zur hydraulischen Bremskraftverstärkung zu ermitteln. Bei Erreichen dieses Übergabepunktes findet zunächst eine die pneumatische Verstärkung unterstützende hydraulische Verstärkung statt, während bei Erreichen des Aussteuerpunktes des pneumatischen Bremskraftverstärkers, bei dem dieser keine Verstärkung mehr abgibt, die Bremskraftverstärkung vollständig durch die hydraulische Steuerung übernommen wird. Der Aussteuerpunkt wird erkannt, wenn der Druck in der Vakuumkammer im wesentlichen Atmosphärendruck erreicht hat.

[0004] Aus der DE 196 44 880 C1 (US-Patent 5,845,976) ist bekannt, auf der Basis der Bremspedalbetätigungskraft und des Vordrucks einer hydraulischen Bremsanlage die Funktionsfähigkeit eines Bremskraftverstärkers zu überprüfen. Stehen die beiden genannten Größen nicht in einem vorgegebenen Verhältnis zueinander, wird ein Fehler im Bremskraftverstärker angenommen und ggf. der Radbremsdruck durch Ansteuern einer Pumpe nach Maßgabe der Betätigungskraft des Fahrpedals durch den Fahrer aufgebaut.

[0005] Eine direkte Information über den Betriebszustand des Bremskraftverstärkers liegt bei den bekannten Lösungen nicht vor.

## Vorteile der Erfindung

[0006] Durch die Bestimmung des Differenzdruckes zwischen Vakuumkammer und Arbeitskammer eines Bremskraftverstärkers liegt eine direkte Information über den Betriebszustand des Bremskraftverstärkers vor. Dadurch wird die Ermittlung des Bremskraftverstärkersausfalls und/oder der Erkennung seines Aussteuerpunktes optimiert. Eine verbesserte Steuerung der wenigstens einen Radbremse ist die Folge.

[0007] Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen bzw. aus den abhängigen Patentansprüchen.

## Zeichnung

[0008] Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen näher erläutert. Fig. 1 zeigt als Beispiel das Hydraulikschaltbild einer

steuerbaren hydraulischen Bremsanlage wie sie auch aus dem Stand der Technik bekannt ist. In Fig. 2 ist ein Blockschaltbild einer Steuereinheit zur Steuerung einer solchen Bremsanlage dargestellt. In den Fig. 3 und 4 sind Flußdiagramme skizziert, welche bevorzugte Realisierungen der Ermittlung des Bremskraftverstärkersausfalls und/oder der Erkennung seines Aussteuerpunktes nach Maßgabe des Differenzdruckes zwischen Vakuum- und Arbeitskammer zeigt.

## Beschreibung von Ausführungsbeispielen

[0009] Fig. 1 zeigt ein Hydraulikschaltbild einer bekannten steuerbaren hydraulischen Bremsanlage. Mit 10, 11, 12 und 13 sind Radbremszylinder jeweils eines Rades eines Kraftfahrzeugs bezeichnet. Die Radbremszylinder 10 und 11 gehören zu einem ersten und die Radbremszylinder 12 und 13 zu einem zweiten Bremskreis. Mit 40 ist ein Bremspedal bezeichnet, über das in Verbindung mit einem pneumatischen Bremskraftverstärker 14 in bekannter Weise Druck in einem Hauptbremszylinder 16 erzeugbar ist. Der Hauptbremszylinder 16 ist in bekannter Weise mit einem Bremsflüssigkeitsbehälter 15 verbunden. Zwischen den Hauptbremszylinder 16 und die Radbremszylinder 10 bis 13 ist ein Hydroaggregat 17 geschaltet, das eine Anordnung von Ventilen sowie in diesem Fall zwei Pumpen 25, 25' umfaßt. Die Anordnung von Ventilen umfaßt in bekannter Weise für jeden Bremskreis ein Umschaltventil USV1, USV2, ein Vorlade- oder Ansaugventil ASV1, ASV2 sowie für jeden Radbremszylinder ein Einlaßventil EV und ein Auslaßventil AV. Die Bezeichnungen HL, HR, VL und VR in Verbindung mit den Einlaß- und Auslaßventilen EV und AV geben die hier beispielhaft angenommene Position des jeweiligen Radbremszylinders im Kraftfahrzeug an. So bedeuten HL hinten links, VL vorne links, HR hinten rechts und VR vorne rechts. Weiterhin umfaßt das Hydroaggregat 17 Speichereinrichtungen 30, 30', 35, 35', die in bekannter Weise zur Aufnahme von Bremsflüssigkeit dienen. Desweiteren sind in ebenfalls bekannter Weise mehrere Rückschlagventile wie beispielsweise die Ventile 20, 20' vorgesehen. Die Funktionsweise des Hydroaggregats 17 ist aus dem Stand der Technik bekannt, so daß auf eine ausführliche Erläuterung hier verzichtet werden soll. Zusammenfassend sei gesagt, daß durch geeignete Ansteuerung der Umschaltventile USV1, USV2, der Ansaug- oder Vorladeventile ASV1, ASV2 sowie der Pumpen 25, 25' und der Ein- und Auslaßventile sowohl ein Druckaufbau, als auch ein Druckabbau, als auch ein Zustand des Druckhaltens in den Radbremszylindern 10 bis 13 erzeugbar ist. Dabei kann mit Hilfe der Pumpen 25, 25' in den Radbremszylindern 10 bis 13 ein höherer Druck erzeugt werden als im Hauptbremszylinder 16 vorhanden ist. Ein Druckaufbau wird z. B. durch Schließen der betroffenen USV und AV, Öffnen der betroffenen ASV und EV sowie Betätigen der Pumpen durchgeführt, ein Druckabbau durch Öffnen der betroffenen AV und USV und ein Schließen der betroffenen ASV und EV. Mit 60 ist ein Sensor bezeichnet, der eine Information über den Differenzdruck zwischen der Vakuum- und der Arbeitskammer des Bremskraftverstärkers 14 bereitstellt. Dabei kann es sich sowohl um einen Differenzdrucksensor oder um zwei Drucksensoren handeln, deren Signale zur Bildung des Differenzdruckes ausgewertet werden. Mit 70 ist ein Sensor bezeichnet, mit dem eine Information bezüglich des Bremsdrucks  $P_{HZ}$  im Hauptzylinder 16 bzw. am Ausgangs des Hauptzylinders erzeugbar ist (auch Vordruck PVOR genannt). Mit 80 und 85 sind Sensoren bezeichnet, mit denen Informationen über die Bremsdrücke in den Radbremszylindern 11 und 12 erzeugbar sind.

[0010] Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer

Steuereinheit 200 zur Ansteuerung der Ventile und der Pumpen 25, 25' des Hydroaggregats 17. Eingangsseitig sind der Steuereinheit 200 die Signale der Sensoren 60, 70, 80 und 85 zugeführt.

[0011] Die Steuereinheit 200 enthält wenigstens eine Rechneinheit und eine Speichereinheit, welche die Einrichtungen zur Durchführung der nachfolgend beschriebenen Vorgehensweise darstellen. Dabei bildet die Rechneinheit in Verbindung mit den in der Speichereinheit abgelegten Programme die Ausgangsgrößen der Steuereinheit 200 unter Berücksichtigung der von den entsprechenden Meßeinrichtungen zugeführten, zur Berechnung der Ausgangsgrößen ausgewerteten Eingangsgrößen.

[0012] Durch die Erfassung des Fahrerwunsches (beispielsweise über den Vordrucksensor 70) wird im Falle eines Bremskraftverstärkerausfalls ohne Pedalkrafterhöhung des Fahrers abhängig vom Vordruck ein definierter Druck in den Radbremszylindern eingestellt. Dadurch werden ohne konstruktive Änderungen gesetzliche Mindestverzögerungen eingehalten. In einem anderen Ausführungsbeispiel wird ein kleinerer, kostengünstiger und platzsparender Bremskraftverstärker eingesetzt. Dessen an sich zu kleine Dimensionierung für die Bremsanlage wird dadurch ausgeglichen, dass ab Erreichen des Aussteuerpunktes des Bremskraftverstärkers eine Verstärkung der Bremskraft abhängig von dem wie oben erwähnt ermittelten Fahrerwunsches durchgeführt wird. Anstelle des Vordruck bzw. Hauptzylinderdrucks wird in anderen Ausführungen der Fahrerwunsch auf der Basis des Pedalwegs oder Pedalbetätigungskraft bzw. -moment ermittelt.

[0013] Der Fahrerwunsch wird auf der Basis des erfaßten Fahrerwunschs (z. B. Vordruck in der Bremsanlage) bestimmt, wenn ein Bremskraftverstärkerausfall und/oder das Erreichen des Aussteuerpunktes des Bremskraftverstärkers erkannt wurde. Die Erkennung des Bremskraftverstärkerausfalls und/oder die Ermittlung des Erreichens des Aussteuerpunktes wird auf der Basis des Differenzdruckes zwischen Vakuumkammer und Arbeitskammer des Bremskraftverstärkers vorgenommen. Dabei ist entweder ein Differenzdrucksensor, oder zwei Drucksensoren vorgesehen, aus deren Signale der Differenzdruck bestimmt wird.

[0014] Das Differenzdrucksignal wird zur Erkennung des Bremskraftverstärkerausfalls und/oder des Erreichens des Aussteuerpunktes ausgewertet. Ist beispielsweise der Differenzdruck im wesentlichen Null, d. h. befindet sich in Vakuum- und Arbeitskammer des Bremskraftverstärkers im wesentlichen der gleiche Druck, so ist davon auszugehen, dass der Aussteuerpunkt des Bremskraftverstärkers erreicht ist. Eine weitere Bremspedalbetätigung durch den Fahrer führt zu keiner weiteren Bremskraftverstärkung. Daher wird bei erkannter Erreichung des Aussteuerpunktes zur hydraulischen Bremskraftverstärkung gewechselt, nach der auf der Basis des gemessenen Vordruckwertes beispielsweise nach Maßgabe einer vorgegebenen Verstärkungskennlinie der Radbremsdruck unter Berücksichtigung des gewählten Verstärkungsfaktors eingestellt wird.

[0015] Eine entsprechende Vorgehensweise findet statt, wenn auf der Basis des Vordruckwertes und des Differenzdruckwertes ein Bremskraftverstärkerausfall erkannt wird. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn Vordruckwert und Differenzdruckwert unzulässig voneinander abweichen, d. h. beispielsweise bei einem bestimmten vorgegebenen Differenzdruckwert der Vordruckwert nicht in einem vorbestimmten Bereich liegt. In diesem Fall ist von einem Ausfall des Bremskraftverstärkers auszugehen, worauf anstelle der Verstärkung durch den Bremskraftverstärker die hydraulische Verstärkung gemäß der oben genannten Vorgehensweise eingeleitet wird.

[0016] In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird die oben dargestellte Vorgehensweise als Rechnerprogramm realisiert. Dies wird anhand von Flussdiagrammen in den Fig. 3 und 4 skizziert, wobei Fig. 3 ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel für eine hydraulische Bremskraftverstärkung in Verbindung mit der Aussteuerpunkterkennung des Bremskraftverstärkers darstellt, während in Fig. 4 die hydraulische Bremskraftverstärkung in Verbindung mit dem Ausfall des Bremskraftverstärkers dargestellt ist.

[0017] Das in Fig. 3 skizzierte Programm wird in vorgegebenen Zeitintervallen durchlaufen. Im ersten Schritt 300 werden die Meßgrößen Vordruck PVOR der hydraulischen Bremsanlage und Differenzdruck PDIFF zwischen Vakuum- und Arbeitskammer eines Bremskraftverstärkers eingelesen. Daraufhin wird im Schritt 302 auf der Basis des Differenzdruckwertes PDIFF ermittelt, ob der Aussteuerpunkt des Bremskraftverstärkers erreicht ist. Im bevorzugten Ausführungsbeispiel ist dies dann der Fall, wenn der Differenzdruck einen Wert im Bereich um Null erreicht hat. Ist dies nicht der Fall, so ist die hydraulische Bremskraftunterstützung HBU gemäß Schritt 304 ausgeschaltet, d. h. die Bremskraftverstärkung wird allein durch den pneumatischen Bremskraftverstärker bereitgestellt. Wurde in Schritt 302 erkannt, dass der Aussteuerpunkt erreicht ist, so wird gemäß Schritt 306 die hydraulische Bremskraftverstärkung HBU eingeschaltet und der Fahrerwunsch abhängig vom gemessenen Vordruckwert PVOR bestimmt. Im bevorzugten Ausführungsbeispiel wird der Fahrerwunsch auf den Vordruckwert gesetzt. Ausgehend von diesem Fahrerwunschwert wird nach Maßgabe eines Verstärkungsfaktors V oder einer Verstärkungskennlinie (z. B. abhängig vom Vordruck) der Bremsdrucksollwert PSOLL für die wenigstens eine Radbremse ermittelt ( $PSOLL = V \cdot PVOR$ ). Dieser Solldruckwert wird dann mittels Druckregelkreisen durch Betätigen der Pumpe und Ventilanordnungen, die dem Rad zugeordnet sind, eingestellt. Wird bei Lösen des Bremspedals der Aussteuerpunkt wieder verlassen (Differenzdruck ungleich Null), wird die Bremskraftunterstützung abgeschaltet und die Verstärkung wieder pneumatisch erzeugt. Nach den Schritten 306 bzw. 304 ist das Programm beendet und wird zum nächsten Zeitpunkt durchlaufen.

[0018] Entsprechend wird im Falle des Ausführungsbeispiels des Bremskraftverstärkerausfalls vorgegangen, welches in Fig. 4 skizziert ist. Das skizzierte Programm wird auch hier in vorbestimmten Zeitintervallen durchlaufen. Im ersten Schritt 400 werden die Meßgrößen für den Vordruck PVOR und den Differenzdruck PDIFF zwischen Vakuum- und Arbeitskammer des Bremskraftverstärkers eingelesen. In Schritt 402 wird auf der Basis des Vordruckwertes und des Differenzdruckwertes überprüft, ob ein Bremskraftverstärkerausfall vorliegt. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn der Vordruckwert einem vorgegebenen Wertebereich bei einem gegebenen Differenzdruckwert nicht entspricht, wenn also beispielsweise bei einem Differenzdruckwert von Null der Vordruckwert von dem erwarteten abweicht. Ist dies der Fall, so wird ein Bremskraftverstärkerausfall erkannt und gemäß Schritt 104 die hydraulische Bremskraftunterstützung HBU eingeschaltet. Der Fahrerwunsch PFAHRER wird auf den Vordruckwert PVOR gesetzt und dieser wie oben nach Maßgabe eines Verstärkungsfaktors oder einer Verstärkungskennlinie in einen Solldruckwert für die wenigstens eine Radbremse umgesetzt, der mittels eines Druckregelkreises eingestellt wird. Hat Schritt 402 ergeben, dass kein Ausfall des Bremskraftverstärkers erkannt wurde, so ist gemäß Schritt 406 die hydraulische Bremskraftverstärkung HBU ausgeschaltet. Nach den Schritten 404 und 406 wird das Programm beendet und zum nächsten Intervall erneut durchlaufen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung wenigstens einer Radbremse eines Fahrzeugs, an der abhängig von der Betätigung eines Bremspedals durch den Fahrer mittels eines Bremskraftverstärkers Bremsdruck aufgebaut wird, wobei in wenigstens einem Betriebszustand die Bremskraftverstärkung abhängig von einem elektrischen Fahrerwunschwert durch Steuerung des Bremsdrucks in der Radbremse eingestellt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass der wenigstens eine Betriebszustand auf der Basis des erfaßten Differenzdrucks zwischen Vakuumkammer und Arbeitskammer des Bremskraftverstärkers ermittelt wird. 5
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Fahrerwunschwert der durch die Bremspedalbetätigung in der hydraulischen Bremsanlage erzeugte Vordruck (PVOR) ist. 10
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Fahrerwunschwert unter Berücksichtigung eines Verstärkungsfaktors den Bremsdruck in der Radbremse vorgibt. 15
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine Betriebszustand dann vorliegt, wenn der Aussteuerpunkt des Bremskraftverstärkers erreicht ist. 20
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Aussteuerpunkt dann erkannt wird, wenn der Differenzdruck einen vorbestimmten Wert, vorzugsweise einen Wert im Bereich von Null erreicht hat. 25
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine Betriebszustand dann vorliegt, wenn der Bremskraftverstärker ausgefallen ist. 30
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein Bremskraftverstärkerausfall erkannt wird, wenn der Differenzdruck zwischen Vakuumkammer und Arbeitskammer des Bremskraftverstärkers und der gemessene Vordruck der Bremsanlage unzulässig voneinander abweichen. 35
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Differenzdruck mittels zweier Sensoren, deren Signal zur Differenzdruckbildung verknüpft werden oder mittels eines Differenzdrucksensors erfaßt wird. 40
9. Vorrichtung zur Steuerung wenigstens einer Radbremse eines Fahrzeugs, mit einem Bremskraftverstärker, der die Betätigungskraft des Bremspedals verstärkt, wobei in Abhängigkeit der Betätigung der Bremsdruck in der Radbremse gesteuert wird, mit einer elektrischen Steuereinrichtung, welche wenigstens eine den Fahrerwunsch repräsentierende Größe ermittelt, in deren Abhängigkeit in wenigstens einem Betriebszustand der Bremsdruck an der Radbremse eingestellt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit den Differenzdruck zwischen Vakuumkammer und Arbeitskammer des Bremskraftverstärkers erfaßt und die den wenigstens einen Betriebszustand abhängig vom Differenzdruck bestimmt. 45

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

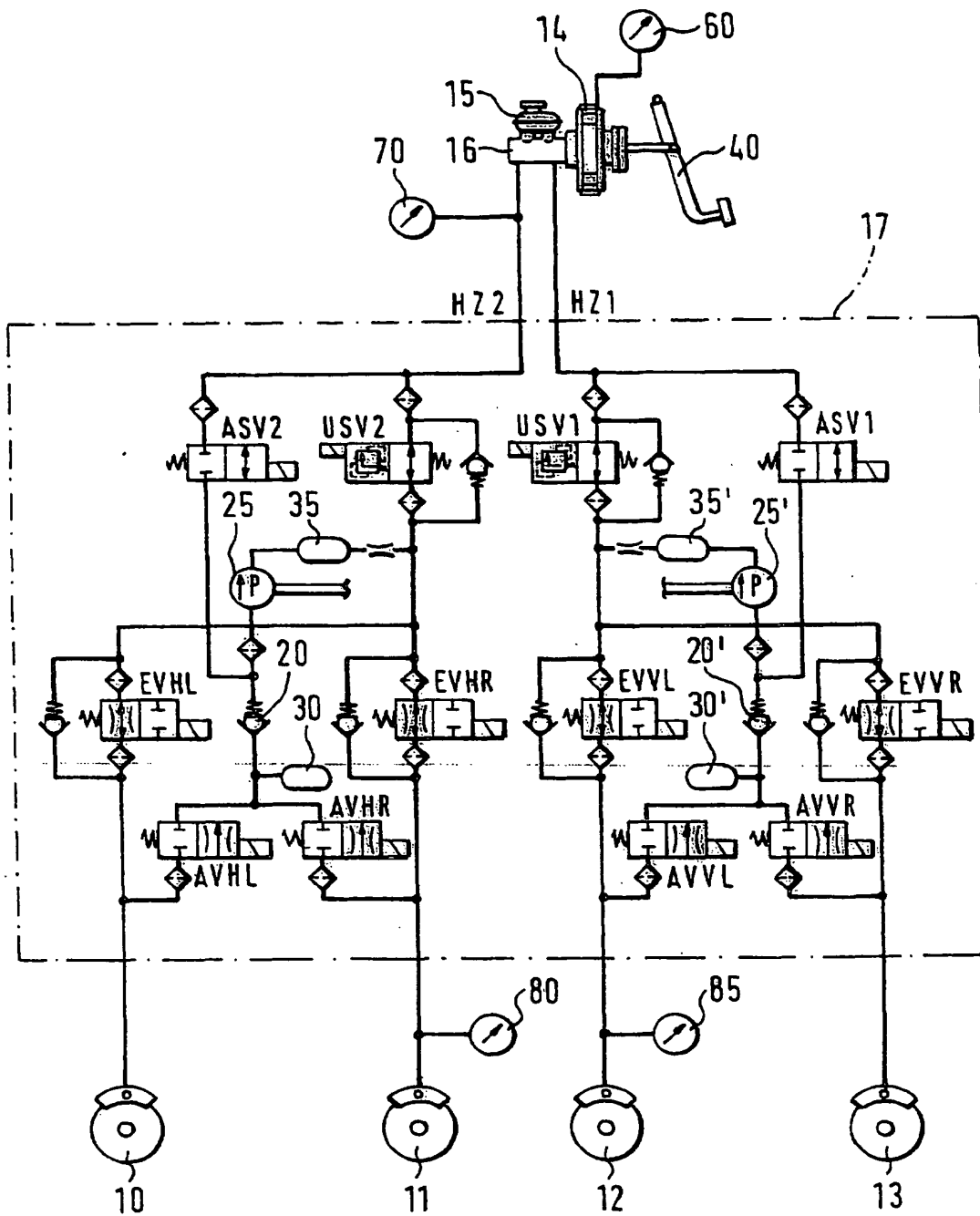


Fig. 1

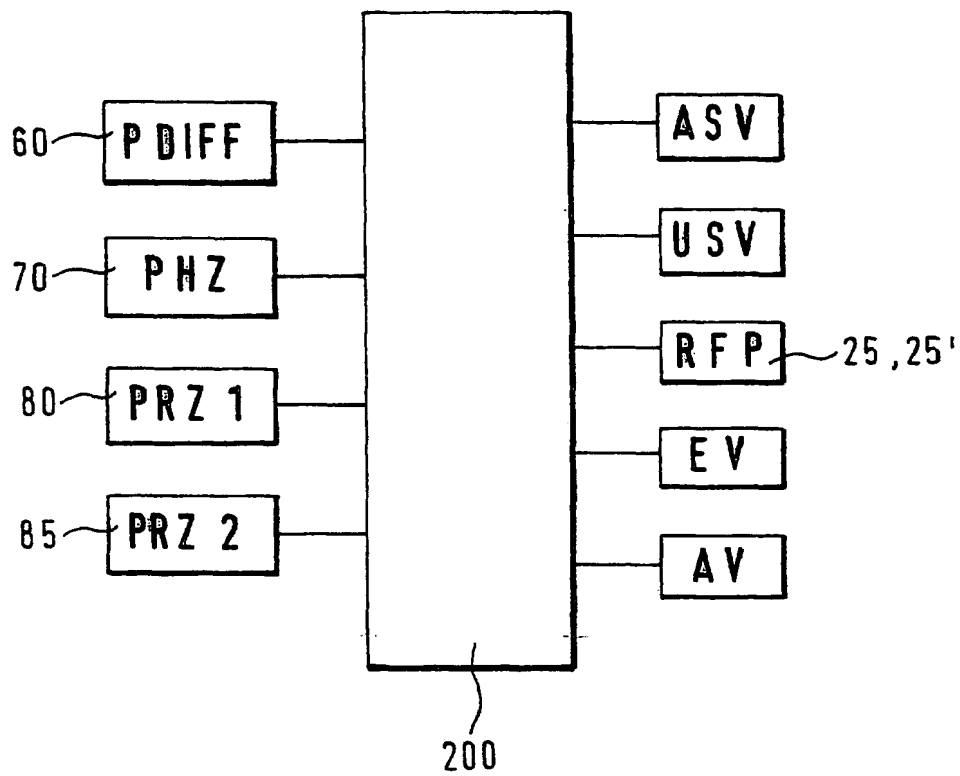


Fig. 2

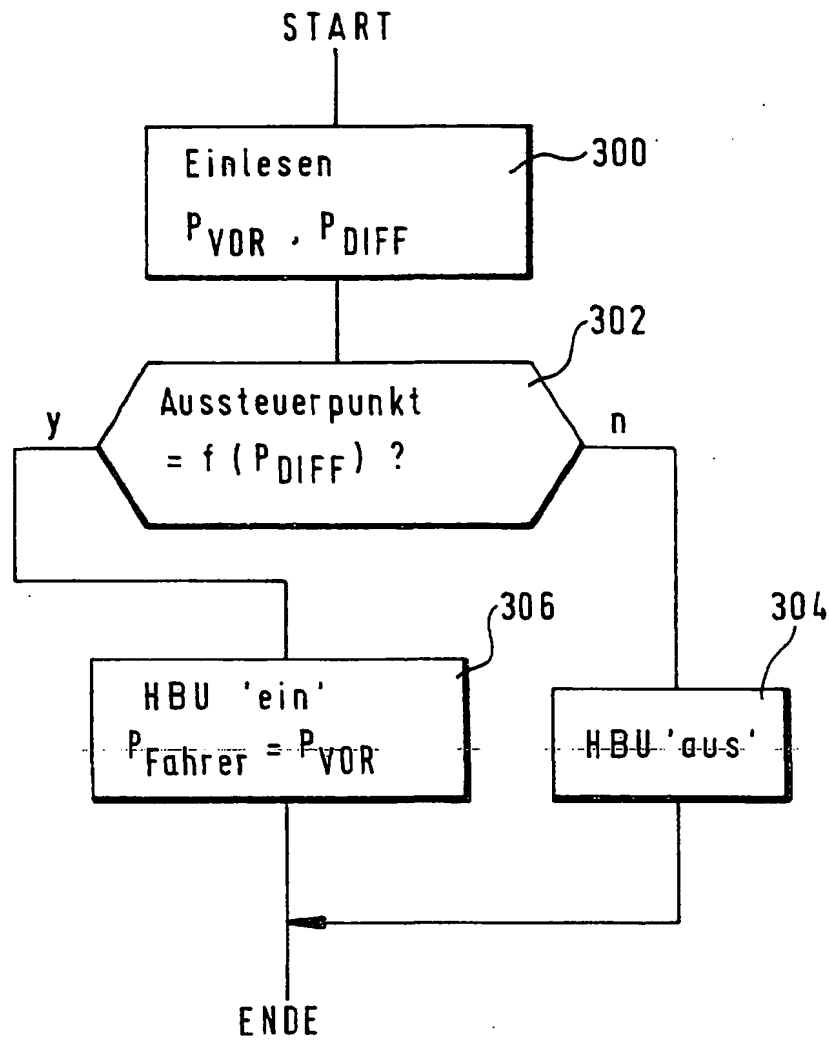


Fig. 3

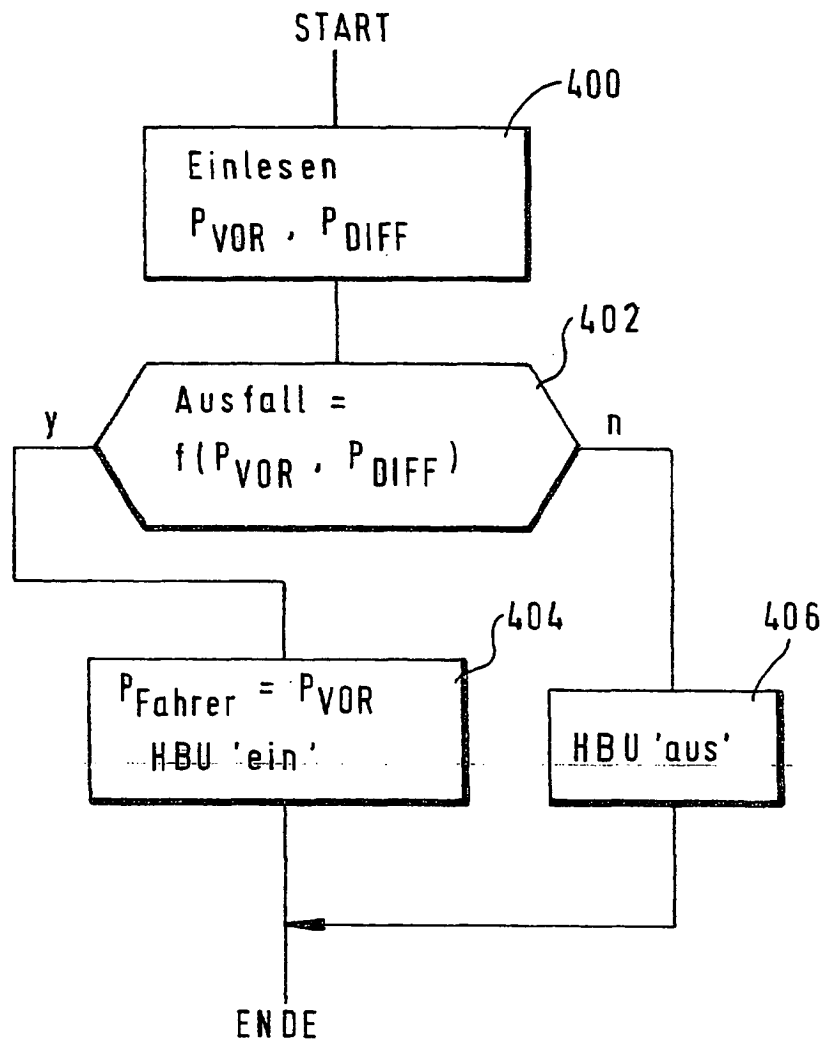


Fig. 4